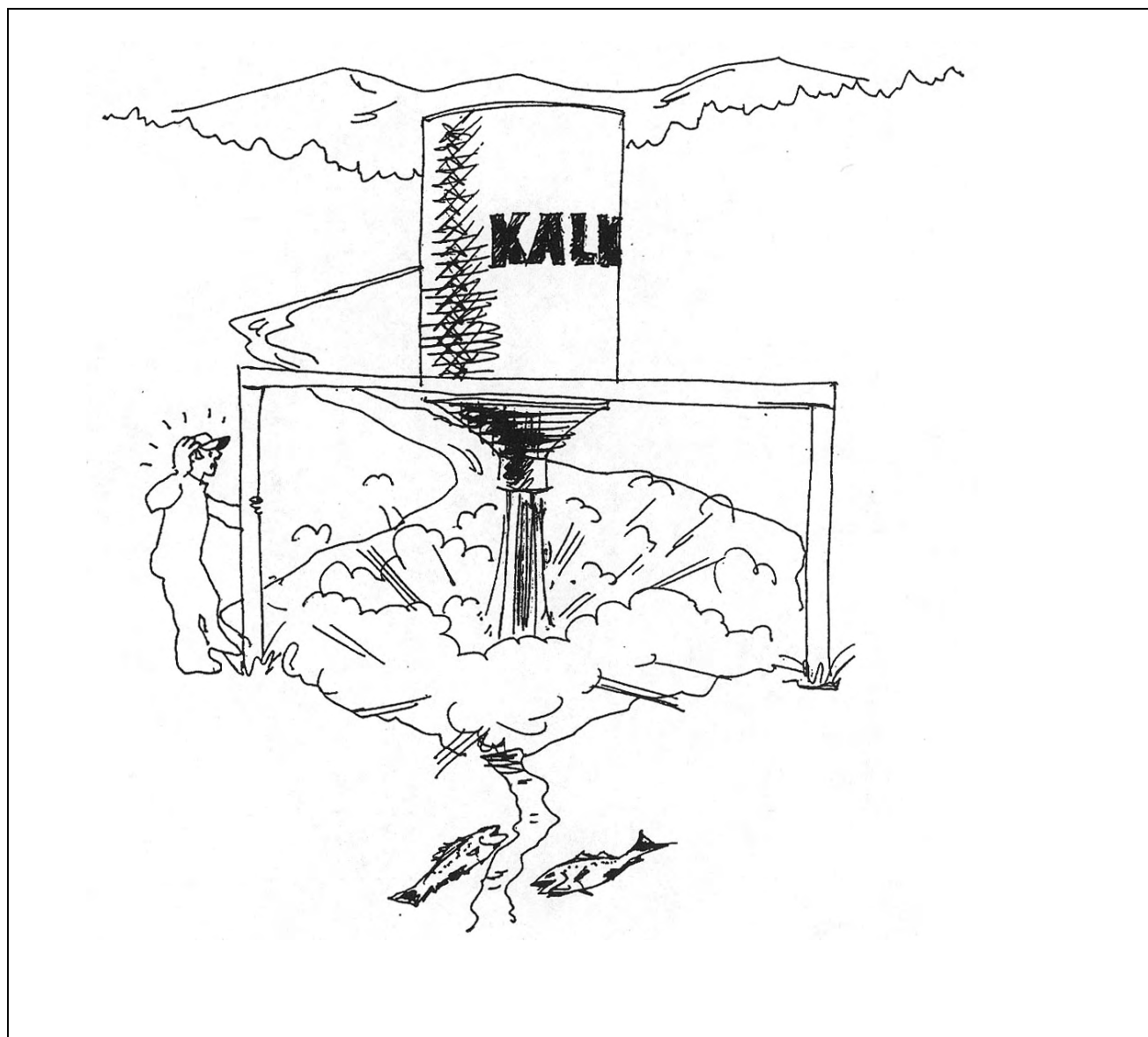




RAPPORT 5461-2007

# Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget

Avviksrapport 2006



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 18 51 00  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport 2006	Løpenr. (for bestilling) 5461-2007	Dato 26.06.07
	Prosjektnr. Undernr. O - 27033	Sider Pris 19
Forfatter(e) Rolf Høgberget Jarle Håvardstun	Fagområde Overvåking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) MANKALK	Oppdragsreferanse
-----------------------------	-------------------

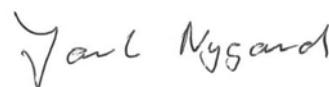
**Sammendrag**

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalselva er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi. Smeland doseringsanlegg hadde meget god driftssikkerhet i 2006. Det var en tendens til noe lave doser ved stor flom mot slutten av året. Håverstad doseringsanlegg hadde også god driftssikkerhet, men det var flere driftsstanser enn normalt ved anlegget. Mange veiedata mangler da vekta gikk over maksimumsnivå ved flere anledninger. Bjelland doseringsanlegg hadde store problemer med å opprettholde riktige pH-målinger som prosess-signaler til doseringsautomatikken. Det ble gjort tiltak som bedret forholdene for pH-målingene oppstrøms anlegget. Logåna doseringsanlegg hadde dårlig drift på begynnelsen av året. Det ble da bygd om. Anlegget ble enklere, og med drift selv uten nettspenning kontinuerlig tilkoblet. Driften etter ombygging var tilfredsstillende, men anlegget stoppet for tidlig å dosere i etterkant av flommer med surt vann. Det blir foreslått enkle tiltak for bedre beredskap ved strømbrydd.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Vassdrag	1.
2. Kalkdosering	2.
3. Overvåking	3.
4. Måleteknikk	4.

  
Rolf Høgberget  
Prosjektleder

  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder

  
Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg**  
**i Mandalsvassdraget**  
Avviksrapport 2006

## Forord

Tidligere erfaringer har vist at kalkdoseringsanlegg for dosering av kalksteinsmel i rennende vann ofte produserer tilfeldig kalkdose til vassdragene som de betjener. Ettersom anleggene er kostnadskrevenne både i etablering og drift, er det avgjørende for et økonomisk forsvarlig resultat at driften er tilnærmet optimal. Ideelt sett innebærer dette full kontinuerlig drift uten uønskede stopp og at dosen til enhver tid verken er for lav eller høy i forhold til oppsatte mål.

NIVA har utviklet et system for effektiv kontroll av kalkdoseringsanlegg ved bruk av enkel sensorteknologi og effektiv informasjonsflyt. Dette systemet for driftskontroll ble etablert i Mandalsvassdraget i 1999 som et ledd i å bedre oversikten over den daglige driften ved anleggene i vassdraget, samt å være et ekstra prosessverktøy for operatører og annet personell i MANKALK. Det ble inngått ny rammeavtale 15. mai 2001, som inkluderer ansvaret for pH-målingsutstyr som prosessverktøy ved kalkingsanleggene.

Den daglige driften av driftskontrollsystemet utføres av fast personell på NIVA bestående av Liv Bente Skancke, Jarle Håvardstun, Lise Tveiten Øyvind Kaste og Rolf Høgberget.

De årlige avviksrapportene gir en dokumentasjon av arbeidet med driftskontroll ved kalkingsanleggene i Mandalsvassdraget.

Oppdragsgiver er den interkommunale stiftelsen MANKALK, bestående av alle involverte kommuner i Mandalsvassdraget. Prosjektet støttes også av Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder.

Grimstad, 26. juni 2007

*Rolf Høgberget*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Driften på anleggene</b>	<b>8</b>
2.1 Smeland	8
2.2 Håverstad	10
2.3 Bjelland	11
2.4 Logåna	14
<b>3. Tiltak</b>	<b>17</b>
3.1 Bjelland	17
3.2 Logåna	17
<b>4. Referanser</b>	<b>19</b>

## Sammendrag

Driftskontroll av kalkdoseringsanleggene i Mandalselva er et verktøy for å få bedre innsyn i kalkingen fra anleggene. Avviksrapporten er en sammenfatning av hendelser i rapporteringsperioden. Den foreslår også tiltak for optimalisering av rutiner, installasjoner og kalkingsstrategi.

Smeland doseringsanlegg fungerte meget tilfredsstillende i 2006. Det ble levert meget stabile doser i samsvar med de oppsatte doseringskrav. Imidlertid var de reelle dosene noe lavere enn styringssignalet skulle tilsi. Likevel var dosene hele tiden over de minstekrav som er satt for dosering fra anlegget. Disse doseringsforhold er kjent også fra tidligere år. Avstanden mellom innstilt og avlest dose økte imidlertid nokså mye i forbindelse med den store høstflommen. Reelle doser var da omkring minstekravet. Det var kun to driftsstanser av lengre varighet ved anlegget.

Driftskontroll-loggeren måtte kondemneres på grunn av funksjonsfeil. Da den ble byttet ut, ble den erstattet med en annen type logger. Denne kan kommunisere med programvaren som benyttes av stiftelsen Mankalk ved andre doseringsanlegg, samt automatisk pH-stasjon ved Kjølmo. Mankalk kan nå også følge med på utviklingen ved Smeland.

Håverstad doseringsanlegg hadde god drift gjennom året. Imidlertid var det flere episoder med driftsstans enn tradisjonelt ved dette anlegget. Driftsdataene ble noe skjemmet ved at det ikke var mulig å følge doseringen når beholdningstanken var helt full. Vekta ble overskredet 11 ganger i perioden.

Også ved Håverstad-anlegget var de reelle dosene lavere enn innstilte doser. Dette er forhold som flere ganger tidligere er beskrevet, men som har minimal betydning så lenge effekten inn mot neste anlegg (Bjelland) blir tilfredsstillende.

Bjelland doseringsanlegg var preget av mange feil og mangler som kan påvirke effektiviteten på anlegget. Likevel oppsto det kun to tilfeller der pH ble redusert under fastsatt mål for lakseførende strekning. Det var store problemer med kontinuiteten i pH-målingene ved anlegget. To forhold påvirket dette:

1. Det var lange perioder, både ved måleren oppstrøms og nedstrøms anlegget, da det ikke var gjennomstrømmig i målekyvettene. Oppstrøms anlegget bedret dette seg betraktelig etter montering av nytt utstyr som sikrer bedre vanngjennomstrømming.
2. Problemer oppsto ved radiomottaket fra pH-stasjonen nedstrøms anlegget slik at det ikke ble overført oppdaterte måleverdier til enhver tid.

Vannføringer over 311 m<sup>3</sup>/s kunne ikke måles ved anlegget. Dette forholdet er flere ganger tidligere påpekt.

Logåna doseringsanlegg fikk så store tekniske problemer med doseringspumpa, at denne måtte skiftes ut. Anlegget ble i den forbindelsen bygd om for å oppnå en enklere standard. Ultralydmåleren ble erstattet med enkel vannmålingsstav, membranpumpen erstattet med en perestaltisk pumpe for 24 VDC drift og innblandingspumpen i brønnen fjernet. Dessuten ble innredningen i doseringsanlegget byttet ut og det elektriske anlegget ryddet slik at det ble orden i tekniske installasjoner. Etter denne ombyggingen ble det ikke registrert driftsstans på anlegget. Likevel var det en økende tendens til at doseringen avsluttet for tidlig etter sure flomepisoder. pH-meteret utviklet en økende ustabilitet i sine målinger.

# 1. Innledning

Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg er et system som ble utviklet av NIVA i 1996 og 1997 for å avdekke effektiviteten til de enkelte kalkdoseringsanleggene. Bakgrunnen for utviklingen av systemet ligger i erfaringer med høyst forskjellige og til dels lite tilfredsstillende driftsresultater på de forskjellige kalkdoseringsanleggene.

Systemet er basert på registrering av kalkforbruk som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets beholdningstank (kalksilo) og vannføringen ved kalkingspunktet. I tillegg registreres pH-verdiene ved pH-styrte anlegg. For detaljert informasjon om systemets oppbygging og virkemåte vises det til Høgberget og Hindar (1998).

Kalkdoseringsanleggene styrer i hovedsak doseringen etter to forskjellige prinsipper:

**Vannføringsstyring:** Et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg skal kalke med fast dose. Dosen beregnes på grunnlag av hvor stor del av nedbørfeltet som skal avsyres og ønsket vannkvalitet fra en kalk-pH-titreringskurve. Doseringen er proporsjonal med vannføringen. Ved å sammenligne dose målet med den faktiske dosen gitt av driftskontrollen, får man et mål på effektiviteten til anlegget.

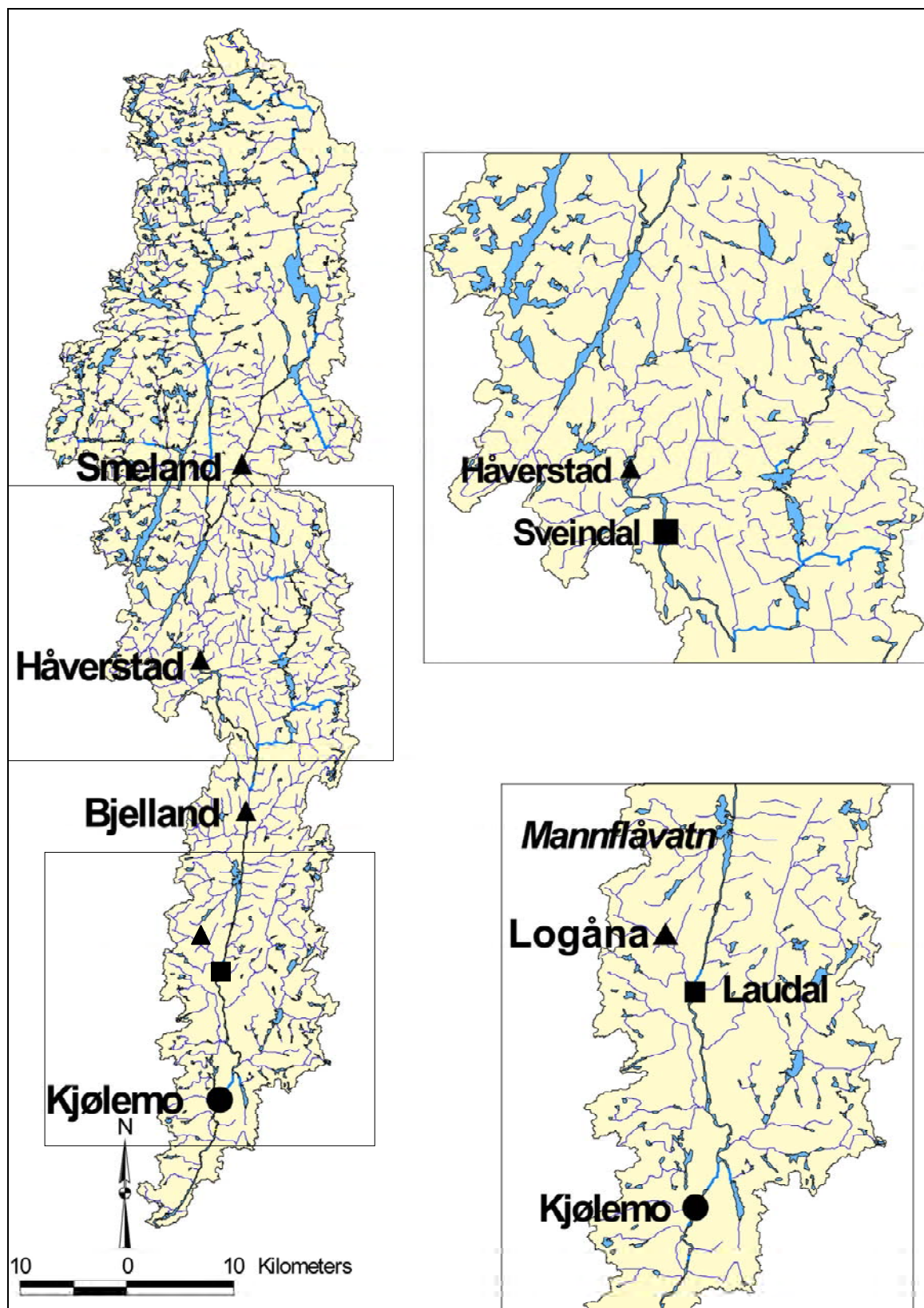
**pH-styring:** pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget er koblet til doseringen av kalk slik at disse overstyrer signalene fra vannføringsstyringen. Ved å sammenligne det fastsatte pH-målet for den aktuelle strekning i elva med de faktiske målte pH-verdier vises effektiviteten til anlegget.

I Mandalsvassdraget er det montert driftskontroll på de tre største kalkdoseringsanleggene; Smeland, Håverstad, Bjelland samt et lite anlegg som doserer SiO<sub>2</sub> (vannglass) i Logåna. Anlegget på Smeland er vannføringsstyrt, mens anlegget på Håverstad skal være styrt av pH oppstrøms anlegget. Imidlertid har det vist seg at pH-målingene koblet til anlegget på Håverstad ikke har fungert optimalt (Høgberget 2000). Derfor styres anlegget som et vannføringsstyrt anlegg. Anlegget på Bjelland er styrt etter pH, både oppstrøms- og nedstrøms kalkdoseringsanlegget. Logåna-anlegget er pH-styrt etter verdiene oppstrøms anlegget. Grunnlaget for driftskontrollen i Logåna avviker minimalt fra de andre anleggene ved at det er volumberegning av beholdningstank og ikke vekt som er utgangspunktet for doseberegninger. Plasseringen av de fire doseringsanleggene i Mandalsvassdraget som er omtalt i denne rapporten, er vist på kartet (**Figur 1**).

Det er tidligere utgitt følgende avviksrapporter for Mandalsvassdraget:

- oppstart av driftskontrollen i 1999 – 1. juni 2000 (Høgberget 2000)
- 1. juni 2000 – 1. juli 2001 (Høgberget 2001)
- 1. juli 2001 – 31. desember 2001 (Høgberget 2002)
- 1. januar 2002 – 31. desember 2002 (Høgberget m.fl. 2003)
- 1. januar 2003 – 31. desember 2003 (Høgberget 2004)
- 1. januar 2004 – 31. desember 2004 (Høgberget og Håvardstun 2005)
- 1. januar 2005 – 31. desember 2005 (Høgberget, Håvardstun og Tveiten 2006)

Denne avviksrapporten fra Mandalsvassdraget omhandler perioden 1. januar - 31. desember 2006



**Figur 1.** Kart over nedbørfeltet til Mandalselva med utsnitt av to områder i stor målestokk som viser plasseringen av kalkdoseringsanlegg (triangler) og pH-målestasjon (sirkel). Øvrige stedsnavn er merket med kvadrater.



## 2. Driften på anleggene

### 2.1 Smeland

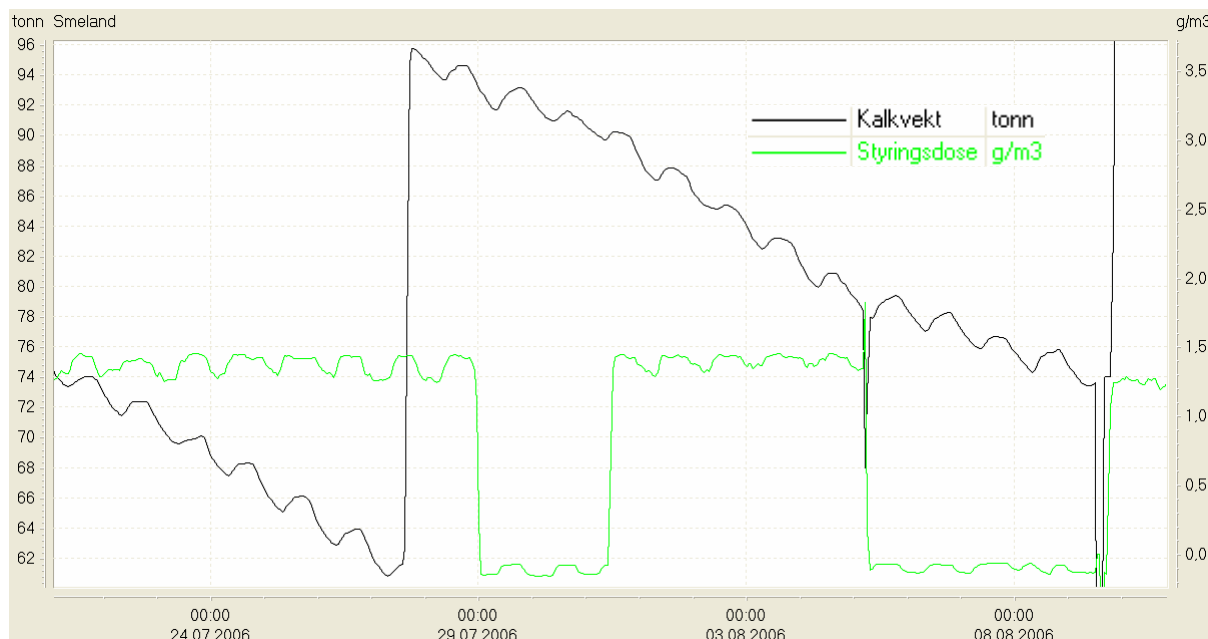
Øverst i Mandalsvassdraget ligger kalkdoseringsanlegget Smeland (**Figur 1**). Dette anlegget er et vannføringsstyrt kalkdoseringsanlegg. Et slikt anlegg skal kalke med fast dose. Den teoretiske kalkdosen for anlegget på Smeland er gitt som  $\geq 1 \text{ g kalksteinsmel/m}^3 \text{ vann}$ . Ved driftskontroll registreres dosen som vektreduksjon i kalkdoseringsanleggets kalkbeholdning (kalksilo) sammenholdt med vannføring ved kalkingstidspunktet. Kalkdoseringsanlegget er plassert nedstrøms et kraftverk som døgnregulerer vannføringen forbi doseringsanlegget. Vanlig utvikling gjennom et døgn er lavest vannføring tidlig på morgenen, deretter en fordobling utover dagen. Maksimum vannføring nås om ettermiddagen da det normalt er ca  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  forbi kalkdoseringsanlegget.

Det var brudd i innsamling av data fra 24. mai til 27. juni. Årsaken var en defekt som umuliggjorde teleoverføring. Da loggeren senere ble hentet inn, lot det seg heller ikke gjøre å tappe data lokalt. Loggeren ble sendt til produsenten for om mulig å redde disse dataene, men det viste seg å være umulig. Den 27. juni ble det installert en annen type logger tilsvarende de som benyttes andre steder med driftskontroll fra NIVA. Denne loggeren benytter vannføringskurvene som gitt fra NVE i 1996. Disse avviker litt ved høye vannføringer fra de som tidligere er benyttet (Høgberget og Håvardstun 2005).

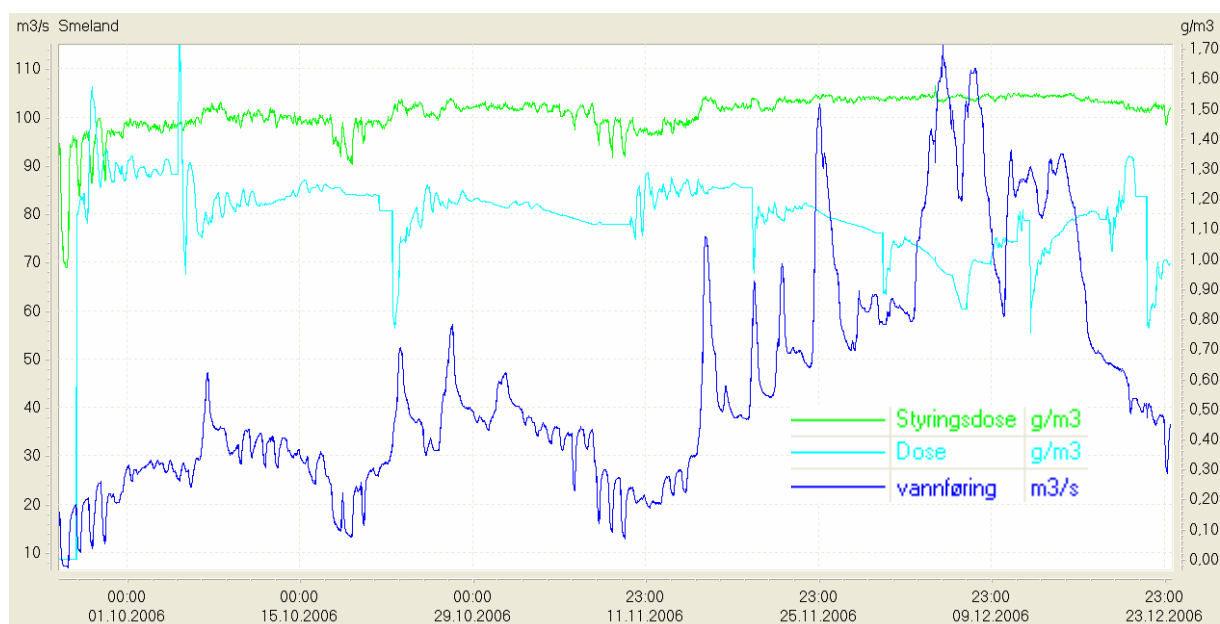
Det ble ikke registrert brudd i signaler på anlegget i perioder over 8 timer. Veiesignalene overskred maksimum avlesbare verdier to ganger i januar, til sammen ca 4 dager.

Stans i utdosering av kalk oppsto fire dager fra 16. mai og 16 timer den 12. desember. Doseringssignalet viste ingen dosering ved et par anledninger i juli, men likevel ble det dosert kalk fra anlegget, se **Figur 2**. Anlegget ble da kjørt manuelt.

Det ble levert meget stabile doser fra anlegget. Styringssignalet som dose var normalt noe høyere enn den dosen som ble registrert ved hjelp av vekttap og vannføring (reell dose). Normalt lå styringsdosen på 1,5 mens reell dose var ca  $1,2 \text{ g/m}^3$ . Styringsdosen ble økt i ca en halv måned fra 26. april i forbindelse med vårflom. Den var da  $2 \text{ g/m}^3$ . Reell dose økte også, og ble målt til  $1,5\text{-}1,6 \text{ g/m}^3$ . Ved to tilfeller med ekstrem lav vannføring i august og september var det motsatt sammenheng mellom styringsdose og reell dose. Det utviklet seg større avvik mellom de samme doser i november. Da ble det levert lavere doser enn normalt. Forholdet oppsto under langvarig flomsituasjon i elva **Figur 3**.



**Figur 2.** Styringsdose og kalkvekt på Smeland doseringsanlegg i månedsskiftet juli-august 2006. Figuren viser at det ble dosert kalk uten at driftskontroll-loggeren kunne detektere styringssignalet. Anlegget gikk da på "manuell dosering". Det er en svakhet at ikke signalet ved denne form for styring kan detekteres i vårt system.



**Figur 3.** Sammenheng mellom reell (dose) og forventet dose (styringsdose) på Smeland doseringsanlegg senhøsten 2006. Figuren viser en utvikling der dosene gikk ned mot minimumskravet ( $1 \text{ g/m}^3$ ) i vedvarende flom. Styringsdosen var 50 % høyere enn reell verdi.

## 2.2 Håverstad

Kalkdoseringsanlegget på Håverstad ligger mellom anleggene på Smeland og Bjelland (**Figur 1**), på en tange mellom utslagstunnelen fra Håverstad kraftverk og det gamle elveløpet. Anlegget er et pH-styrt kalkdoseringsanlegg. Det vil si at pH-verdier som blir målt i elva nær kalkingsanlegget styrer doseringen av kalk. Imidlertid har det vist seg at det oppstår bakevjeeffekter i elvevannet ved dette doseringsanlegget. Kalket vann trekkes oppover det gamle elveløpet og passerer inntaksbrønnen oppstrøms anlegget. pH-målingen oppstrøms anlegget blir dermed påvirket av utdosert kalk fra kalkdoseringsanlegget. Det er derfor uegnet som styringsverktøy for kalkdoseringen. For å unngå problemet er pH satt til en fast verdi (pH 4,7) slik at pH-forandringene overstyres. Anlegget fungerer da som et vannføringsstyrt anlegg, med dosering av fast dose i forhold til vannføringen.

Driftskontroll-loggeren var ute av drift i 6 dager fra 12. desember på grunn av feil ved loggeren.

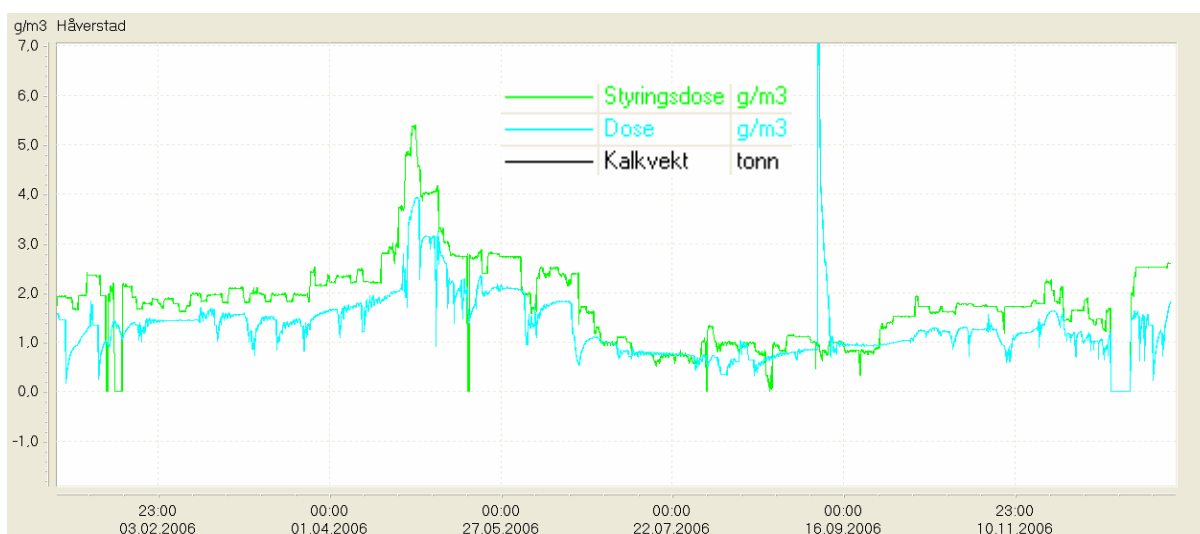
Vekta overskred maksimum avlesbar verdi 11 ganger i løpet av året.

Det var stans i doseringen fra anlegget 5 ganger i perioder lengre enn 8 timer. Disse tilfellene er angitt i **Tabell 1**. Dette er noe dårligere enn tradisjonelt fra dette anlegget, men fortsatt godt.

**Tabell 1.** Dager uten dosering fra Håverstad doseringsanlegg i 2006. Det var til sammen en uke uten dosering.

Dato	Dager uten dosering
18.01.2006	0,6
21.01.2006	1,5
05.06.2006	1,5
01.08.2006	0,6
04.11.2006	2,6

Dosene fra anlegget varierte den del gjennom året. De lå alltid i området mellom 0,5 til 4 g/ m<sup>3</sup>. (**Figur 4**). Gjennomgående ble det levert reelle doser som var noe lavere enn styringsdosen. Unntaket var stabile tilstander midt på sommeren da begge former for doseavlesing viste like verdier (0,75 g/ m<sup>3</sup>).



**Figur 4.** Sammenhengen mellom reell og forventet dose på Håverstad doseringsanlegg i 2006. Dosene var spesielt høye i våravsmeltingen sent i april og begynnelsen av juni. Høy dose i september er ikke reell.

## 2.3 Bjelland

Kalkingsanlegget på Bjelland ligger nedenfor Smeland og Håverstad (**Figur 1**) og styrer mesteparten av vannkvaliteten på lakseførende strekning (Bjelland–Kjøleemo). I praksis vil ønsket vannkvalitet i denne sammenhengen bety ønsket pH-verdi. Anlegget på Bjelland er derfor pH-styrt og doserer kalk etter pH-verdiene som registreres oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget.

Fylkesmannens miljøvernavdeling har fastsatt pH-mål gjennom året (teoretiske grenseverdier for pH) for lakseførende strekning i Mandalsvassdraget. Disse målene ble sist revidert 24. april 2006, og er som følger: 15/2-14/4: pH 6,2, 15/4-31/5: pH 6,4 og pH 6,0 resten av året. Generelt er det ofte ønskelig med en dosering som gir pH litt over det fastsatte målet for å ha noe bufferkapasitet i forhold til eventuelle forsurende forhold nedstrøms anlegget. pH-kravet på anlegget blir derfor ofte satt høyere enn pH-målet for elva.

Driftskontrollens datasamling er komplett i hele rapporteringsperioden med unntak av 14 timer fra 6. desember. Det var likevel en periode på ca 2 uker fra 13. juli hvor dataene virker lite realistiske. Forholdet er gjengitt i **Figur 5**.

Veiesignalene overskred maksimum avlesbar verdi i to lange perioder i mars og juli. Til sammen en tid på 36 dager. Vannstanden øket over maksimum avlesbar verdi 8 ganger i november og desember (maksimum er 6,81 m, tilsvarende 311 m<sup>3</sup>/s).

Det var relativt store problemer med kontinuiteten på pH-målingene. Både oppstrøms og nedstrøms anlegget var det mange stopp i sirkulasjonen gjennom målekyveta. Tid uten reelle pH-målinger på grunn av manglende sirkulasjon er gjengitt i **Tabell 2**.

Vanntemperaturen ble målt ca 6 °C for høyt nedstrøms doseringsanlegget i en periode på 3 måneder fra 12. februar til 23. juni.

**Tabell 2.** Manglende gjennomstrømming i pH-målingskyvettene for måling av pH ved Bjelland doseringsanlegg. Til sammen var det 62 dager med mangelfull pH-måling som følge av disse forholdene.

Dato	Dager uten gjennomstrømming i målekyvett		Kommentarer
	pH oppstrøms doserer	pH nedstrøms doserer	
07.01.2006	1,8		
20.01.2006	3,1		Delvis gjennomstrømming
05.02.2006	0,7		Delvis gjennomstrømming
11.02.2006	2,3		
15.02.2006	5,5		
25.02.2006	0,4		
28.02.2006		2,7	
13.03.2006		0,5	
18.03.2006	1,5		
21.03.2006	2,3		Delvis gjennomstrømming
23.03.2006		2,2	
25.03.2006	0,5		
01.04.2006	2,0		
12.04.2006	0,5		Delvis gjennomstrømming
22.04.2006	0,5		
03.05.2006	0,8		
05.05.2006	0,8		
06.05.2006	0,4		
07.05.2006	0,9		
09.07.2006	0,5		
29.07.2006	1,7		
30.07.2006		2,8	
13.08.2006	0,9		
23.08.2006		0,8	
07.10.2006	2,8		
11.10.2006	2,0		
27.11.2006	2,7	2,5	
30.11.2006		0,5	
05.12.2006		5,1	
13.12.2006		9,9	
28.12.2006		3,0	

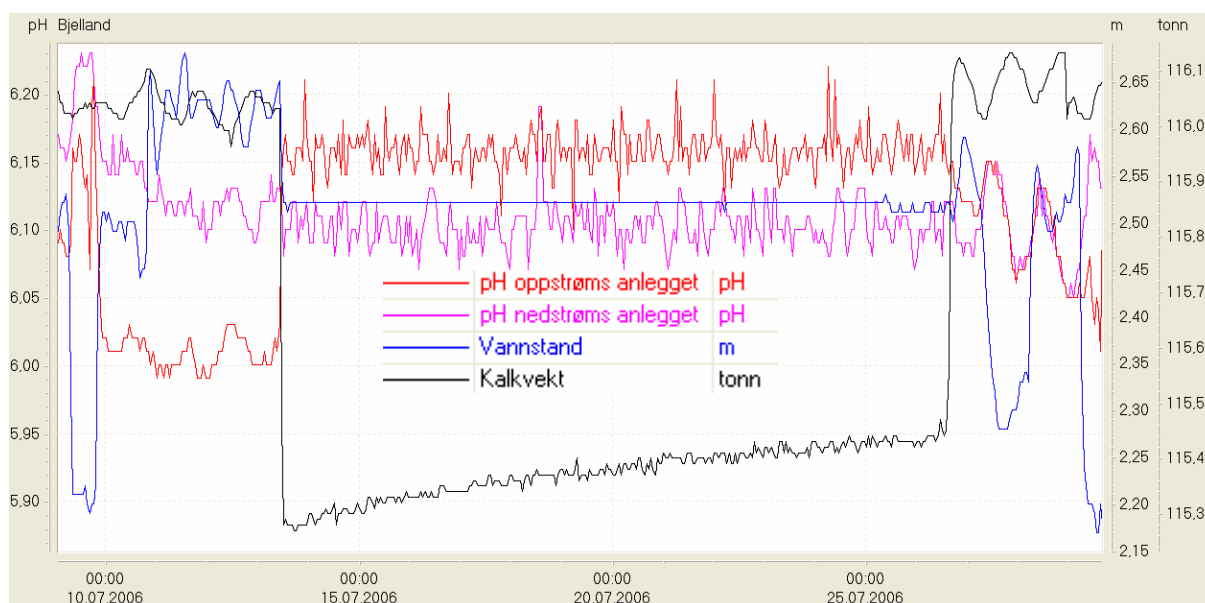
pH oppstrøms anlegget var spesielt utsatt for stopp i målekyvett første del av året (til og med mai). Deretter ble det montert et utjevningskar som foreslått av Ånen Trygslund (operatør i Mankalk) og beskrevet i avviksrapport for 2005 (Høgberget, Håvardstun, Tveiten 2006), (**Figur 6**).

Det var også meget store problemer med tilbakeføring av pH-data fra stasjonen nedstrøms anlegget til logger og styringsautomatikk. Til sammen var det over 2,5 måned uten korrekte pH-signaler som følge av forholdene. Forholdene bedret seg betraktelig på slutten av året uten at årsakssammenhengen er klarlagt. Periodene uten oppgradering av pH-data er gjengitt i **Tabell 3**.

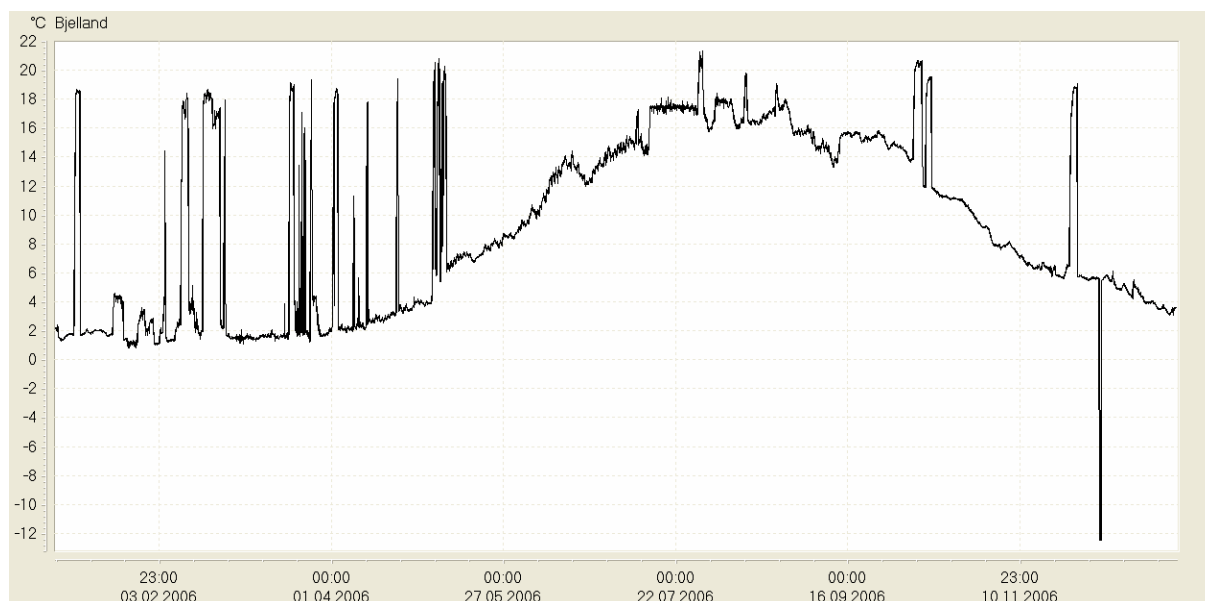
**Tabell 3.** Tid med feil på overføring av pH-data fra stasjonen nedstrøms Bjelland doseringsanlegg. Forholdet fører til manglende finjustering av pH i elva.

Dato	Dager uten oppgraderte pH-data
12.01.2006	7
28.01.2006	2,23
16.02.2006	6,7
05.03.2006	5,2
25.03.2006	2,83
11.04.2006	6,04
18.04.2006	5,12
24.05.2006	0,9
01.06.2006	4,12
09.06.2006	1,39
19.06.2006	4,58
13.07.2006	13
25.08.2006	2,41
08.09.2006	10
21.09.2006	5,58
28.09.2006	3,41
08.10.2006	1,22

Da revidering av pH-målene ble gjennomført etter 15. april, ble ikke pH-kravet på Bjelland justert før 24. april. pH i elva økte ikke over 6,4 før denne dato. Det ble kun registrert to tilfeller da pH ble lavere enn målverdiene ved Bjelland. Det var to dager fra 21. oktober, da laveste pH var 5,8, og 8 timer den 10. desember, da laveste pH ble registrert til 5,7.



**Figur 5.** Et utvalg parametere fra driftskontroll-loggen på Bjelland i juli 2006. Loggeren har samlet data, men disse er ubrukelige. Figuren viser variasjoner i pH over en rett linje, vannstand uten utvikling og svakt økende kalkvekt i beholdningssiloen. Det er ikke oppklart hva som forårsaket situasjonen.



**Figur 6.** Temperaturutvikling oppstrøms Bjelland doseringsanlegg hele året 2006. Figuren viser at det var mange tilfeller av temperaturøkning i målekylvetta på foråret. Dette bedret seg betraktelig etter at det ble montert utstyr som bedre forhindret slike tilstander. (pH-reduksjon i desember skyldes svikt i logger, beskrevet over)

## 2.4 Logåna

Logåna er en periodisk sur sideelv til Mandalselva. Den er laks- og sjøørretførende, men på grunn av store variasjoner i surhetsgraden, har det vært vanskelig å vedlikeholde en stabil fiskebestand. Det har også forekommet massiv fiskedød flere ganger i forbindelse med ekstreme forsurende episoder. Elva har tidligere vært kalket ved hjelp av kalkdoseringsanlegg.

Høsten 2002 ble Logåna doseringsanlegg etablert. Det er et pH-styrt anlegg for dosering av vannglass ( $\text{SiO}_2$ ). pH-meteret har etter januar 2005 vært plassert oppstrøms doseringspunktet. For beskrivelse av prinsipp, se Høgberget 2006. Det er vannføringssignal tilkoblet anlegget for å kunne gi optimal dosering ved behov. Siden det i lange perioder ikke er nødvendig å avsyre elvevann, gir anlegget ingen kontinuerlig dose, men justerer doseringen for å oppnå et valgt pH-krav ved forsurende episoder. pH-kravet for Logåna doseringsanlegg var satt til pH 5,9.

Det mangler data fra driftskontroll-loggeren 2,5 dager fra 21. april i forbindelse med hasteservice der anlegget måtte bygges om, (se 3.2). Data mangler også fra to lange perioder om sommeren. Det gjelder fire uker fra 6. juni og 8 dager fra 30. august. Disse forholdene skyldes problemer med kommunikasjonsutstyret.

Det var en del strøbrudd på anlegget, spesielt i januar og februar. Tre av strøbruddene varte i mer enn 8 timer. Det var 20. januar, 30. januar og 16. februar. Da varte de i henholdsvis 16, 10 og 14 timer. Det var også strøbrudd 25. juli. Da ble strømmen brutt midt under en flomutvikling og varte i 5,5 dager. Forholdet førte til ufullstendig dosering på grunn av feil informasjon fra pH-stasjonen, se **Figur 7**.

Vannstandsmåleren viste feil i perioder over 8 timer ved fire anledninger i november og desember. Da hang flottøren seg opp i stigerøret på grunn av for mye partikler og smuss. Det var 2,3 dager fra 17.

november, 15 timer 7. desember, 10 timer 11. desember og 9 timer 12. desember. I tillegg var det noen tilfeller i desember der den hang seg opp ved maksimum vannstand under flom, men kun i kort tid.

pH-signalet begynte å vise noe ustabilitet fra midt i oktober. Da utviklet det seg en tilstand der avviket mellom maksimum og minimumsverdier økte fra ubetydelig til  $\Delta 0,1$  pH. Dette kunne påvirke styringssignalet slik at pumpen gikk ustabilt.

Det oppsto driftsstans på anlegget 6 ganger i perioder over 8 timer (**Tabell 4**). Disse tilfellene må sees i sammenheng med mangelfull dosering fra anlegget, særlig i perioder med lave doseringsbehov på ettervinteren. Tider med mangelfullt tilførte doser er listet i **Tabell 5**. Om høsten oppsto problemer med at anlegget sluttet å dosere for tidlig etter flommer. Disse forholdene er listet i **Tabell 6**.

**Tabell 4.** Tid uten dosering fra Logåna doseringsanlegg i 2006. Til sammen var det 14 dager uten dosering. Alle tilfellene oppsto i begynnelsen av året før anlegget ble bygd om.

Dato	Dager uten dosering	Kommentar
01.01.2006	1,9	Treg start
09.01.2006	1,3	
16.01.2006	2,9	Treg start
06.02.2006	1,3	
09.02.2006	3,1	
23.02.2006	3,7	

**Tabell 5.** Dager med mangelfull dosering fra Logåna doseringsanlegg i 2006. Mangler ved doseringspumpen vinteren 2006 var årsaken til disse feilene.

Dato	Dager med mangelfull dosering
10.01.2006	1,1
14.01.2006	2,0
08.02.2006	7,5
27.03.2006	1,3

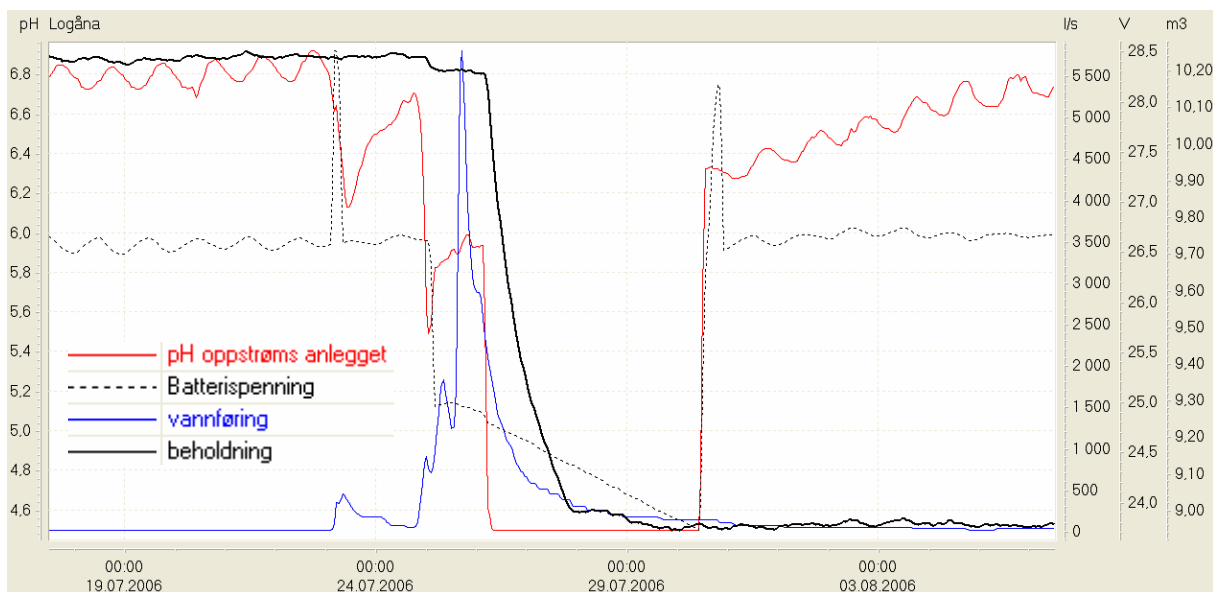
**Tabell 6.** Dager med mangelfull dosering i avslutningsfasene av doseringsperioder ved Logåna doseringsanlegg i 2006.

Dato	Dager uten dosering	Stoppet å dosere ved pH
24.10.2006	1,1	5,7
01.11.2006	1,5	5,6
30.11.2006	1,5	5,6
10.12.2006	1,0	5,4
08.12.2006	4,8	5,4

En spesiell situasjon oppsto den 25. juli. Da ble det strømsstans i nettforsyningen. Dette resulterte i at vannpumpen til pH-stasjonen stoppet. pH ble målt til ca 5,9 på stillestående vann i ca 1 døgn. Reservestømkilden til pH-meteret gikk da tom samtidig med begynnende flom i elva. pH-signalet forsvant. Dette ble registrert som pH 4,5, og anlegget begynte en nokså kraftig dosering (10 ml/ m<sup>3</sup>). Dosen var da tilpasset pH 5,0 fordi innlagt titeringskurve ikke går lavere. Doseringen avtok med



vannføringen i etterkant av episoden. Dermed ble Logåna tilført vannglass i en periode da vannet høyst sannsynlig var surt, men uten at dette ble detektert på noen måte, se **Figur 7**.



**Figur 7.** Beholdning, vannføring og batterispenning ved Logåna doseringsanlegg i slutten av juli 2006 sammen med pH oppstrøms anlegget. Figuren viser en situasjon der anlegget ble uten nettstrøm i en lengre periode (ukjent årsak, men jordfeilbryter var slått ut). Strømbryddet sammenfalt med starten av en stor flom. Fordi anlegget er designet til å dosere selv uten tilgang på nettstrøm, begynte doseringen ved minkende pH. Forløpet var som følger: Da pH passerte grenseverdien (5,9), begynte doseringen. Ved pH 5,5 ble anlegget strømløst. Da sluttet vannpumpen for kyvettevann å fungere. Fordi pH-meteret er utstyrt med UPS-drift, fortsatte det å måle på stillestående og noe surt vann. Dermed fortsatte doseringen. Først når UPS-reservene var oppbrukt, økte doseringen.

## 3. Tiltak

### 3.1 Bjelland

Måleutstyr som gir mulighet for vannføringssmålinger over 310 m<sup>3</sup>/s bør installeres. Tiltaket bør gjøres for å kunne dokumentere situasjoner som oppstår under ekstra store flommer.

Dersom problemene omkring overføring av pH-data fra stasjonen nedstrøms anlegget fortsetter bør det foretas en service på radioutstyret.

### 3.2 Logåna

Det oppsto store problemer med doseringen fra anlegget vinteren 2006. Spesielle forhold i elva førte til at det ble nokså surt vann selv om vannføringen var moderat. Doseringskravet ble dermed også lavt, selv om avsyrringsbehovet var stort. Anlegget skulle da gi en meget lav dosering uten å stoppe. Dette var i praksis vanskelig å få til. Tilstander som vist i **Figur 8** oppsto ved flere anledninger. Forholdene var betraktelig bedre ved økende vannføring. Det var også en del lekkasjeproblemer fra pumpa. Den ble derfor byttet med en midlertidig nødpumpe 21. april.

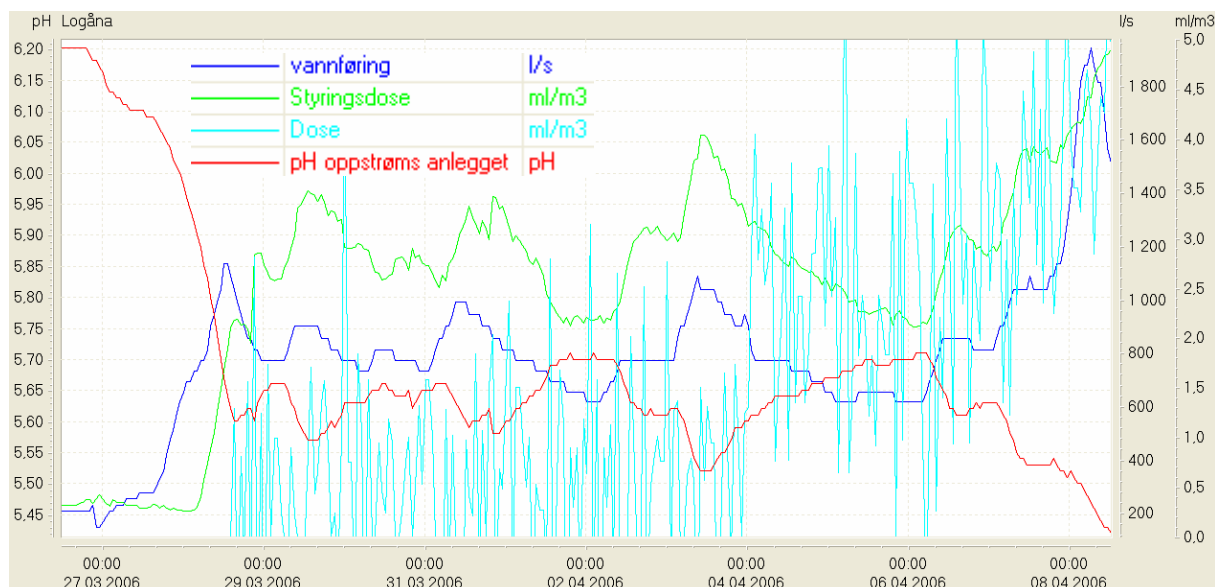
Våren 2006 ble hele anlegget renoveret. Det ble satt inn ny permanent perestaltisk pumpe, og anlegget ble gjort midlertidig uavhengig av nettspenning. Manuell doseringsmulighet og "holde"-funksjon på styringssignalet i forbindelse med vedlikehold av pH-elektrode ble montert. En alarmgiver ble også montert for å varsle lekkasjer på gulvet. Alarmen skal gi melding når det ikke lenger er mulig å opprettholde et spenningspotensiale på 25 volt i en sensor på bunnen av et oppsamlingstrau for eventuelle lekkasjer. For å gjøre anlegget enklest mulig, ble ultralyd-måleren i brønnen byttet med en vannstandssensor som driftes uten behov for strømtilførsel til brønnen. Måleoppløseligheten på den nye måleren er 2,1 cm.

Problemene med treg start ved surt vann forsvant med den nye pumpa, men det oppsto etter hvert et annet problem. Doseringen opphørte for tidlig etter sure episoder der det var behov for dosering. Forholdet illustreres i **Figur 9**. Anlegget sluttet å dosere når styringsspenningen ble redusert til under 0,15 volt. Tiltak bør gjøres for at anlegget beholder driften selv når doseringskravet er lavt.

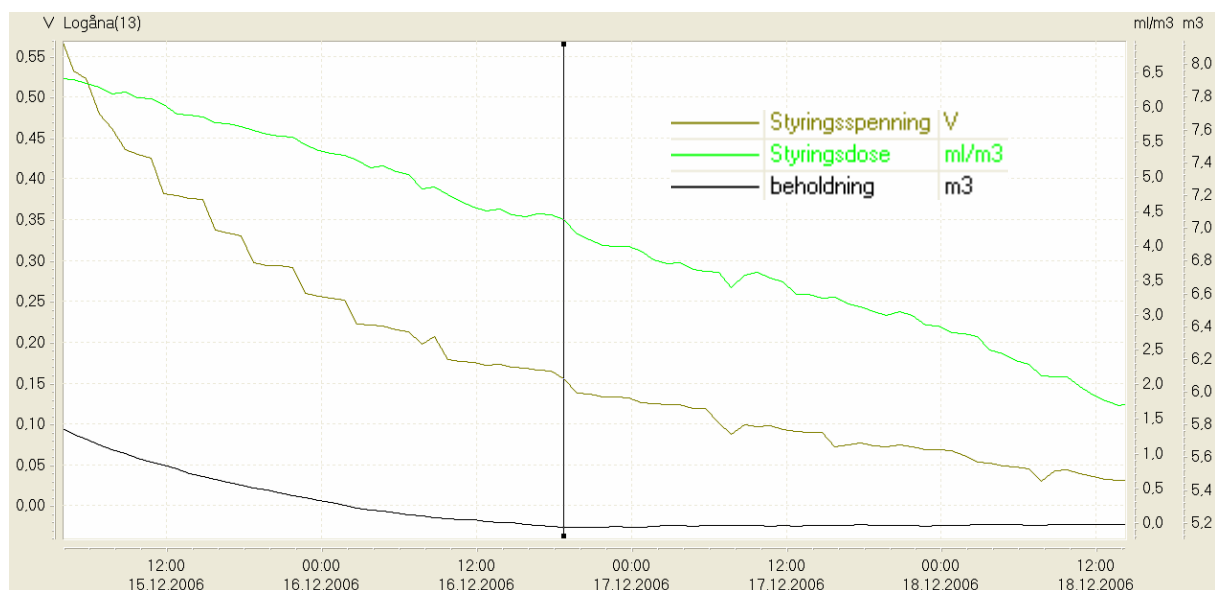
Problemet med vannstandsmåler som hengt seg opp bør løses ved montering av sil i bunnen av måleren slik at ikke partikler kan trenge inn og forstyrre sensoren.

pH-måleren bør få en service, eventuelt byttes ut slik at stabile pH-signaler igjen kan leveres til styringsautomatikken.

Det foreslås at UPS (Uninterruptible Power Supply) fjernes fra pH-stasjonen. Dette vil føre til at anlegget umiddelbart vil begynne å dosere som om pH er 5,5 når nettstrømmen forvinner. Dette er en ulempe dersom strømbrytet ikke skjer i forbindelse med uvær og flom. Imidlertid vil det da ikke være noe stort problem da doseringen uansett blir lav på grunn av liten vannføring.



**Figur 8.** Vannføring, styringsdose, dose og pH ved Logåna doseringsanlegg i april 2006. Figuren viser en situasjon da den reelle kalkdosen er langt lavere enn forventet ved lav vannføring og nokså lav pH i elva. Forholdene bedret seg ikke før det ble høyere vannføring og lavere pH.



**Figur 9.** Styringsspenning, styringsdose og beholdning på Logåna doseringsanlegg midt i desember 2006. Figuren viser typisk stutfase av en doseringsperiode denne høsten. Anlegget sluttet å dosere selv om styringssignalet ga beskjed om en dose på 4,5 ml/ m<sup>3</sup> (vertikal markering). Doseringspumpa sluttet å virke ved 0,15 volt i styringssignal.

## 4. Referanser

Høgberget, R., 2000. Avviksrapport år 2000 fra driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. NIVA rapport L. nr. 4277.

Høgberget, R., 2001. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2000-2001. NIVA rapport L. nr. 4415.

Høgberget, R., 2002. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2001. NIVA rapport L. nr. 4488.

Høgberget, R., 2004. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2003. NIVA rapport L. nr. 4904.

Høgberget, R. og Hindar, A., 1998. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg. NIVA rapport L. nr. 3824.

Høgberget, R. og Håvardstun, J., 2005. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2004. NIVA rapport L. nr. 5050.

Høgberget, R., Skancke L. B. og Håvardstun, J., 2003. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2002. NIVA rapport L. nr. 4697.

Høgberget, R., Håvardstun, J. og Tveiten, L. 2006. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Mandalsvassdraget. Avviksrapport år 2005. NIVA rapport L. nr. 5210.